

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
—  
PARIS  
—

(11) N° de publication : **2 572 546**  
(à utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **84 16661**

(51) Int Cl<sup>4</sup> : G 02 B 26/08.

(12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

(22) Date de dépôt : 31 octobre 1984.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPi « Brevets » n° 18 du 2 mai 1986.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

(71) Demandeur(s) : *GENTRIC Alain.* — FR.

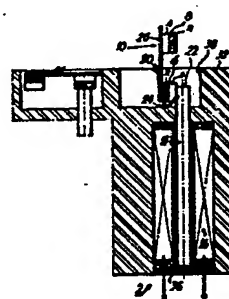
(72) Inventeur(s) : Alain Gentric.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Brevatome.

(54) Dispositif bistable électromagnétique pour la commutation optique et commutateur optique matriciel utilisant ce dispositif.

(57) Dispositif bistable électromagnétique pour la commutation  
optique et commutateur optique matriciel utilisant ce dispositif.  
Le dispositif comprend un électro-aimant 2 et deux aimants  
6, 8 formant un ensemble tournant par rapport à l'électro-  
aimant et placé près d'une extrémité de son noyau 12. Les  
aimants présentent, en regard de cette extrémité, des faces de  
noms contraires. Les aimants sont de part et d'autre de l'axe  
de rotation 20 de l'ensemble. Cet axe est perpendiculaire à  
l'axe du noyau et décalé par rapport à lui pour que les faces  
des aimants interagissent respectivement avec la face d'appui  
22 du noyau et avec une portion latérale 24 de celui-ci. Un  
miroir 26 est fixé à l'ensemble de façon à être parallèle  
(perpendiculaire) à l'axe du noyau lors de l'interaction avec la  
portion latérale (la face d'appui).



FR 2 572 546 - A1

DISPOSITIF BISTABLE ELECTROMAGNETIQUE POUR LA  
COMMUTATION OPTIQUE ET COMMUTATEUR OPTIQUE  
MATRICIEL UTILISANT CE DISPOSITIF

La présente invention concerne un dispositif bistable électromagnétique pour la commutation optique et un commutateur optique matriciel utilisant ce dispositif. Elle s'applique dans le domaine de la commutation optique, pour la déviation, totale ou partielle, d'un faisceau lumineux ou pour l'interruption d'un tel faisceau.

La demande de brevet français n° 8204198 du 12 mars 1982 décrit un dispositif bistable électromagnétique notamment applicable à la commutation optique et à la réalisation de commutateurs optiques matriciels. Cependant, les commutateurs optiques matriciels réalisés à l'aide de tels dispositifs, bien que fonctionnant correctement, posent néanmoins un problème de compacité. En outre, les noyaux des électro-aimants qui font partie des dispositifs utilisés ne sont pas facile à réaliser compte tenu de leur forme particulière.

La présente invention a pour objet un dispositif bistable électromagnétique pour la commutation optique qui permet la réalisation de commutateurs optiques matriciels ayant une bien plus grande compacité que les précédents, et qui utilisent un électro-aimant dont le noyau peut être réalisé plus facilement que le noyau du dispositif connu mentionné plus haut.

De façon précise, la présente invention a pour objet un dispositif bistable électromagnétique pour la commutation optique comprenant :

- un électro-aimant qui comporte un noyau magnétique et une bobine enroulée autour de ce noyau,
- deux aimants permanents formant un ensemble rigide mobile en rotation axiale par rapport à l'électro-

aimant et disposé à proximité d'une extrémité du noyau, les deux aimants étant orientés de façon à présenter, en regard de cette extrémité, respectivement des faces magnétiques actives de noms contraires et destinées à interagir magnétiquement avec l'extrémité du noyau, et

- un moyen d'interaction avec la lumière, fixé à l'ensemble,

caractérisé en ce que le noyau s'étend le long d'un axe, ladite extrémité présentant une face d'appui qui rencontre cet axe, en ce que les deux aimants sont disposés de part et d'autre de l'axe de rotation de l'ensemble, en ce que cet axe de rotation est perpendiculaire à l'axe du noyau et décalé par rapport à ce dernier de manière qu'il ne le rencontre pas et que les faces actives des aimants puissent interagir respectivement avec la face d'appui et avec une portion latérale du noyau, et en ce que le moyen d'interaction avec la lumière est plan et fixé à l'ensemble de façon à être sensiblement parallèle à l'axe du noyau lors de l'interaction magnétique correspondant à la portion latérale du noyau et sensiblement perpendiculaire à l'axe du noyau lors de l'interaction magnétique correspondant à la face d'appui de l'extrémité du noyau.

Par "moyen d'interaction avec la lumière", on entend un moyen apte à interrompre un faisceau lumineux, ce moyen comportant une surface non réfléchissante, ce qui permet alors d'utiliser le dispositif en tant qu'obturateur de faisceau, ou un moyen apte à réfléchir un faisceau lumineux.

Le décalage de l'axe de rotation et la disposition du moyen d'interaction contribuent à la plus grande compacité mentionnée plus haut.

Selon un mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention, l'axe de rotation est

rendu solidaire du noyau et l'ensemble est mobile autour de son axe de rotation.

5 Dans ce cas, selon une réalisation particulière, la partie terminale de l'extrémité du noyau est décalée latéralement par rapport à l'axe de ce noyau et ladite portion latérale appartient à cette partie terminale, de manière à pouvoir effectuer un réglage en site du moyen d'interaction avec la lumière, par rotation du noyau autour de l'axe dudit noyau.

10 Dans ce cas également, selon une réalisation particulière, l'axe de rotation de l'ensemble est rigidement solidaire de la bobine et cette dernière est disposée dans un bâti et mobile en rotation dans ce bâti, de manière à pouvoir effectuer un réglage en azimut du moyen d'interaction avec la lumière.

15 Selon un autre mode de réalisation particulier, l'axe de rotation est rigidement solidaire de l'ensemble.

20 Le dispositif peut alors comprendre une monture solidaire du noyau de l'électro-aimant et munie de deux ouvertures dans lesquelles sont respectivement montées flottantes les extrémités de l'axe de rotation.

25 Dans ce cas, la monture peut coiffer l'extrémité du noyau, permettant ainsi un réglage en azimut et en site du moyen d'interaction avec la lumière, par des mouvements de la monture par rapport au noyau préalablement à une fixation de ceux-ci l'un par rapport à l'autre.

30 De préférence, dans le cas de la réalisation comportant la monture, le moyen d'interaction avec la lumière est fixé sur l'ensemble, au-dessus de l'aimant dont la face active est destinée à interagir magnétiquement avec la face d'appui de l'extrémité du noyau et les aimants sont décalés l'un par rapport à l'autre  
35 de telle façon que, lors de cette interaction magnéti-

que, l'aimant au-dessus duquel est fixé le moyen d'interaction soit plus éloigné de la bobine que l'autre aimant.

5 Selon une réalisation particulière de l'invention, la bobine de l'électro-aimant est placée dans un corps de bobine, l'extrémité du noyau émerge de ce corps de bobine et la monture coiffe cette extrémité et comporte une partie sphérique convexe destinée à  
10 reposer dans un logement complémentaire de celle-ci et prévu dans le corps de bobine.

Selon une autre réalisation particulière, la bobine de l'électro-aimant est placée dans un corps de bobine, l'extrémité du noyau est coupée du restant du noyau et en contact avec ce dernier, ce restant du  
15 noyau se trouve à l'intérieur du corps de bobine tandis que l'extrémité du noyau en émerge et la monture coiffe cette extrémité.

Le moyen d'interaction consiste par exemple en un miroir plan.

20 La présente invention concerne également un commutateur optique matriciel comprenant une pluralité de dispositifs bistables pourvus de moyens de réflexion de lumière et rangés de façon à constituer une matrice, caractérisé en ce que chaque dispositif est  
25 constitué par le dispositif bistable électromagnétique également objet de l'invention et pourvu du miroir mentionné ci-dessus.

De préférence, les lignes de la matrice sont perpendiculaires aux colonnes de celle-ci et les dispositifs sont orientés de façon que leurs miroirs,  
30 lorsque chacun d'eux se trouve dans l'état relatif à l'interaction magnétique avec la portion latérale correspondante, soient parallèles à une même diagonale de la matrice.

35 La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit d'exemples de

réalisation donnés à titre purement indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- 5       - les figures 1A à 1C exposent schématiquement le principe du dispositif objet de l'invention,
- la figure 2 est une vue schématique et partielle d'un mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention,
- 10       - les figures 3A à 3C représentent schématiquement des variantes de réalisation de ce mode de réalisation particulier,
- la figure 4 est une vue schématique et partielle d'un commutateur optique matriciel utilisant ce mode de réalisation particulier,
- 15       - la figure 5 est une vue schématique et partielle d'un commutateur optique matriciel utilisant ce mode de réalisation particulier et permettant une orientation en site du miroir dont est pourvu ce dernier,
- 20       - la figure 6 est une vue schématique et partielle d'un commutateur utilisant également ce mode de réalisation particulier et permettant en outre une orientation en azimut du miroir,
- la figure 7 est une vue schématique et partielle d'un autre mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention,
- 25       - la figure 8 est une vue schématique et partielle d'un commutateur optique matriciel utilisant cet autre mode de réalisation particulier,
- 30       - la figure 9A est une vue éclatée schématique en perspective de l'arrière de cet autre mode de réalisation particulier,
- la figure 9B est une vue éclatée schématique en perspective de l'avant de cet autre mode de réalisation particulier,
- 35

- la figure 10A est une vue schématique en perspective de cet autre mode de réalisation particulier dans l'état de non commutation,

5 - la figure 10B est une vue schématique en perspective de cet autre mode de réalisation particulier dans l'état de commutation,

10 - la figure 11 est une vue schématique d'un mode de réalisation particulier du commutateur optique matriciel objet de l'invention, utilisant cet autre mode de réalisation particulier,

- la figure 12 est une vue schématique illustrant une étape de réalisation de ce commutateur,

15 - la figure 13 est une vue schématique de ce commutateur placé dans un état de commutation particulier,

20 - la figure 14 est une vue schématique et partielle d'un commutateur optique matriciel utilisant une variante d'exécution de l'autre mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention, et

- les figures 15A et 15B sont des vues éclatées schématiques en perspective, respectivement de l'arrière et de l'avant de cette variante d'exécution.

25 Les figures 1A à 1C illustrent schématiquement le principe du dispositif bistable électromagnétique objet de l'invention. Le mode de réalisation particulier du dispositif représenté sur ces figures comprend essentiellement un électro-aimant 2 associé à des moyens de commande 4, et un premier aimant permanent 6 ainsi qu'un second aimant permanent 8 fixés à  
30 un support rigide 10 de forme plane.

L'électro-aimant 2 comprend un noyau magnétique 12 en fer doux, de forme allongée, s'étendant le long d'un axe 14, et une bobine 16 qui est enroulée  
35 autour du noyau et qui est électriquement reliée aux

moyens de commande 4. Le support 10, fait d'un matériau amagnétique tel que l'aluminium, est disposé à proximité d'une extrémité 18 du noyau et mobile en rotation autour d'un axe 20 perpendiculaire à l'axe 14 du noyau. Les aimants 6 et 8 sont respectivement disposés de part et d'autre de l'axe 20. Ces deux aimants peuvent être identiques et symétriques l'un de l'autre par rapport à cet axe 20. Ils sont en outre disposés de façon à présenter respectivement des pôles ou faces magnétiques de noms contraires en regard de l'extrémité 18 du noyau. Par exemple, le premier aimant 6 a un pôle sud s qui est tourné vers ladite extrémité 18 et le second aimant 8 a un pôle nord n qui est tourné vers cet même extrémité. Les aimants sont montés sur le support 10 de façon que lesdites faces magnétiques puissent interagir magnétiquement avec l'extrémité 18 du noyau.

De plus, l'extrémité 18 du noyau est terminée par une face 22 appelée "face d'appui de l'extrémité du noyau" ou plus simplement "face d'appui du noyau" et l'axe de rotation 20 est décalé par rapport à l'axe du noyau de manière qu'il ne le rencontre pas et que la face magnétique active s du premier aimant 6 puisse interagir magnétiquement avec une portion latérale 24 de l'extrémité du noyau et que la face magnétique active n du second aimant 8 puisse interagir magnétiquement avec la face d'appui 22.

La position de l'axe de rotation 20 par rapport à l'électro-aimant est telle que, lors de l'interaction magnétique du second aimant avec la face d'appui du noyau (état I du dispositif bistable), le support 10 soit perpendiculaire à l'axe 14 du noyau et que, lors de l'interaction magnétique du premier aimant 6 avec la portion latérale du noyau (état II du dispositif bistable), le support 10 soit parallèle à



l'axe 14 du noyau.

A titre indicatif et nullement limitatif, les faces magnétiques actives des deux aimants sont planes et parallèles à un même plan ainsi qu'à l'axe de rotation 20, et, dans l'état I, ces faces sont perpendiculaires à l'axe 14 du noyau, tandis qu'elles sont parallèles à ce dernier dans l'état II.

Le dispositif schématiquement représenté sur les figures 1A à 1C comprend également un miroir plan 26 parallèle au support 10 et porté par celui-ci, à l'opposé des faces actives des aimants fixés à ce support. Pour réaliser le miroir 26, on peut utiliser un support 10 métallique et amagnétique et polir la face appropriée de ce support. On peut également utiliser un support plan en verre et déposer une couche réfléchissante sur la face de ce support, qui est opposée aux faces actives des aimants par rapport audit support.

Ainsi, dans l'état I du dispositif bistable, le miroir plan 26 est perpendiculaire à l'axe 14 du noyau tandis que dans l'état II du dispositif, le miroir plan est parallèle à l'axe 14 du noyau.

Le fonctionnement du dispositif bistable selon l'invention, représenté sur les figures 1A à 1C est le suivant :

Dans l'état I du dispositif bistable, la face nord du deuxième aimant 8 est en interaction magnétique avec la face d'appui 22 du noyau, c'est-à-dire en contact avec cette dernière ou, dans certaines réalisations, très proche de celle-ci. Cet état I est stable du fait de la force d'interaction magnétique entre la face nord de l'aimant 8 et la face d'appui du noyau en fer doux (figure 1A).

Les moyens de commande 4 sont activés pour appliquer une tension électrique entre les bornes de

la bobine 16 de telle façon que l'extrémité 18 du noyau soit un pôle nord N, l'autre extrémité dudit noyau étant alors un pôle sud S. Le second aimant 8 est alors repoussé par le noyau tandis que le premier aimant est attiré par celui-ci. Sa face sud s vient au contact ou, dans certaines réalisations particulières, à proximité immédiate, de la portion latérale du noyau qui est un pôle nord. Le dispositif est alors dans l'état II. Ce dernier est stable car il subsiste lorsque les moyens de commande ne sont plus excités, la face sud du premier aimant demeurant alors en interaction magnétique avec le noyau (figure 1B).

Lorsque les moyens de commande 4 sont activés de façon à appliquer une tension opposée à la précédente aux bornes de la bobine, l'extrémité 18 du noyau devient un pôle sud, le premier aimant est repoussé tandis que le second est attiré par ladite extrémité, et le dispositif retourne à l'état stable I (figure 1C).

Sur la figure 2, on a représenté schématiquement un mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention. Dans ce mode de réalisation particulier, l'axe de rotation 20 du support 10 est rendu solidaire d'un bâti 32 dont l'électro-aimant 2 est également rendu solidaire (voir figure 4), et le support 10 est mobile autour de l'axe 20 contre lequel il est maintenu en appui, par exemple au moyen d'une lamelle-ressort 34. Une extrémité de celle-ci est fixée au support 10 et l'axe 20 est pris entre son autre extrémité et le support 10.

La lamelle-ressort peut être placée sur le support 10, du même côté que le miroir 26, c'est-à-dire du côté opposé à celui où se trouvent les faces actives des aimants 6 et 8 (figure 3A), ou peut être placé du même côté que ces faces actives (figures 3B

et 3C), la lamelle-ressort pouvant être dans ce cas recourbée à partir de l'extrémité fixée au support, pour venir s'appliquer contre l'axe de rotation 20 (figure 3C).

5 Dans tous les exemples de réalisation, la taille du moyen d'interaction avec la lumière, un miroir en l'occurrence, et de préférence choisie de façon à être la plus proche possible de la section transverse (sensiblement elliptique) du faisceau lumineux destiné à être intercepté par ledit moyen  
10 d'interaction.

Sur la figure 4, on a représenté schématiquement un commutateur optique matriciel comportant une matrice dont les lignes et les colonnes sont perpendiculaires et qui est formée de dispositifs selon  
15 l'invention du genre de celui qui a été décrit en référence à la figure 2. Ils sont montés sur le bâti 32 et tous orientés de façon que les miroirs soient parallèles à une même diagonale de la matrice lorsque  
20 les dispositifs sont tous dans l'état II. En d'autres termes, tous les axes de rotation sont parallèles à cette même diagonale. Chaque bobine est placée dans un corps de bobine 36 qui est fait d'un matériau amagnétique et qui est placé dans le bâti 32. L'extrémité du  
25 noyau correspondant émerge du corps de bobine, dans un logement 38 pratiqué dans le bâti, logement dans lequel peut pivoter librement le support 10 autour de l'axe 20.

La figure 4 est une vue en coupe du commutateur pratiquée perpendiculairement à ladite diagonale  
30 de la matrice et représentant seulement deux des dispositifs, l'un dans l'état I et l'autre dans l'état II. Il en est de même en ce qui concerne la figure 5. Les dispositifs représentés sur cette figure diffèrent  
35 de ceux de la figure 4 par le fait que leurs miroirs sont réglables en site.

Pour ce faire, l'extrémité 18 de chaque noyau porte une partie tronconique 40 (en fer doux) qui a le même axe que le noyau et qui est appliquée contre la paroi d'un logement conique 42 débouchant dans le logement 38 correspondant, par l'intermédiaire d'un joint torique 44 placé entre la partie conique 42 et le corps de bobine 36 lui correspondant. La partie tronconique 40 est surmontée d'une partie en forme de tonneau 46 (en fer doux) dont l'axe 48 est parallèle à l'axe 14 mais légèrement décalé par rapport à celui-ci, et qui se trouve dans le logement 38. La partie 46 en forme de tonneau comporte une fente 50. L'autre extrémité du noyau peut déboucher du corps de bobine 36 et comporter également une fente 52. Lorsqu'un miroir est relevé (le dispositif correspondant étant alors dans l'état II), la rotation d'un tournevis ou d'une lame introduite dans l'une ou l'autre des fentes 50 et 52 permet de faire tourner la partie 46 en forme de tonneau et donc de régler la position en site du miroir 26.

Un réglage en azimut est également possible si le support 54 de l'axe de rotation 20, cet axe étant fixé audit support 54, lui-même fixé au bâti 32, est non plus directement fixé au bâti 32 mais à un prolongement 56 du corps de bobine, extérieur au bâti 32 (figure 6), le logement conique 42 étant alors pratiqué dans ce prolongement. L'orientation en azimut est obtenue par rotation du corps de bobine dans le bâti.

Les réglages en azimut et en site sont bien entendu effectués en présence d'un faisceau lumineux incident sur le miroir à régler (réglage en dynamique), de façon que le faisceau lumineux soit renvoyé dans la bonne direction. Une fois le réglage en azimut effectué, le corps de bobine correspondant est immobi-

lisé par rapport au bâti, par collage par exemple (figure 6) et lorsque le réglage en site est terminé, le noyau 12 est collé au corps de bobine correspondant. Si les supports 54 sont prévus pour positionner avec  
5 précision les axes de rotation 20, les réglages en azimuth ne sont pas nécessaire (figure 5), et les corps de bobine sont fixés aux bâtis à l'aide de vis 58.

Sur la figure 7, on a représenté schématiquement un autre mode de réalisation particulier du  
10 dispositif objet de l'invention, dans lequel l'axe de rotation 20 est rigidement solidaire du support 10 des aimants et monté tournant dans une monture 60 en forme de chape. Cette monture 60 comporte deux flasques 62 et 64 parallèles (figure 9) fixés, par exemple à l'ai-  
15 de de vis 66, de part et d'autre d'une butée 68 faite d'un matériau amagnétique. Cette butée est traversée par un trou 70 et destinée à venir coiffer l'extrémité 18 du noyau en emboîtant celle-ci dans le trou 70. Chaque flasque comporte un trou (ou ouverture) 72 qui  
20 est destiné à recevoir une extrémité de l'axe 20 et qui a une taille suffisante pour qu'il existe un jeu de l'axe 20 dans les trous 72. Bien entendu, les trous 72 sont disposés de tel façon que l'axe 20 soit perpendiculaire à l'axe 14 du noyau lorsque la monture 60  
25 coiffe le noyau.

La butée 68 présente par exemple une forme parallélépipédique. Elle constitue un prolongement du noyau et l'une de ses faces joue le rôle de ladite  
30 face d'appui 22 (figure 9A) contre laquelle la face active du second aimant 8 est destinée à venir se plaquer tandis qu'une autre face joue le rôle de ladite portion latérale 24 du noyau (figure 9B) contre laquelle la face active du premier aimant 6 est destinée à venir se plaquer.

35 Le miroir 26 (figure 7) est fixé sur la partie du support 10 à laquelle est fixé le second aimant

8 et dépasse de part et d'autre des côtés de celui-ci en regard desquels sont montés les flasques 62 et 64. Le support 10 présente un décrochement 74 au niveau de l'axe 20, tel que le second aimant 8 soit légèrement surélevé par rapport au premier 6 lorsque le dispositif est dans l'état I. Pour un commutateur optique matriciel constitué à partir de dispositifs du genre de celui qui est représenté sur la figure 7 ceci permet un recouvrement partiel de ces dispositifs lorsqu'ils sont dans l'état I, les bords d'un miroir étant alors placés au-dessus des premiers aimants des dispositifs adjacents (figure 13). On obtient ainsi une intégration encore plus importante des dispositifs par rapport à celle qui est obtenue avec les dispositifs du genre de celui qui est représenté sur la figure 2.

On peut ainsi réaliser une matrice carrée dont le pas est de l'ordre de 10 mm et qui permet la commutation de faisceaux lumineux dont le diamètre est de l'ordre de 7 mm, au moyen d'ensembles (support plus aimants) dont le poids est de l'ordre 0,5 g, ou une matrice carrée dont le pas est de l'ordre de 5 mm et qui permet la commutation de faisceaux lumineux dont le diamètre est de l'ordre de 3,5 mm, au moyen d'ensembles (support plus aimants) dont le poids est de l'ordre de 60 mg. Dans ce dernier cas, on pourrait réaliser un commutateur optique matriciel 16 x 16 dont le volume ne dépasserait pas  $300 \text{ cm}^3$  (10 cm x 10 cm x 3 cm), chaque "point" de connection optique occupant une surface de l'ordre de  $0,25 \text{ cm}^2$  pour une hauteur de l'ordre de 3 cm.

Sur la figure 8, on a représenté schématiquement un commutateur optique matriciel réalisé à l'aide de dispositifs du genre de celui qui a été décrit en référence à la figure 7. Il s'agit d'une vue en coupe partielle du commutateur, effectuée perpendi-

culairement à la diagonale de la matrice, à laquelle tous les axes de rotation 20 et donc tous les miroirs 26 en position relevée, sont parallèles. Sur la figure 8, on ne voit que deux dispositifs, l'un dans l'état I (miroir abaissé) et l'autre dans l'état II (miroir relevé).

Les corps de bobine 36 sont placés dans des trous cylindriques 76 du bâti 32. La partie supérieure de chacun d'eux possède un épaulement 78 par lequel le corps de bobine correspondant repose sur le bâti 32. Les parties supérieures des corps de bobine forment un recouvrement régulier de la surface du bâti et sont fixées à celui-ci à l'aide de vis 80. Les épaulements ont par exemple un pourtour carré à coins arrondis de façon concave, de manière que quatre coins adjacents forment une ouverture pour le passage d'une vis.

L'extrémité de chaque noyau dépasse de la partie du corps de bobine correspondant et la monture 60 correspondante vient coiffer cette extrémité. La partie inférieure 82 de chaque monture a une forme de calotte sphérique convexe et s'emboîte dans une cuvette complémentaire 84 pratiquée dans le corps de bobine correspondant. Lors du montage du commutateur, chaque monture est successivement maintenue par un micro-manipulateur non représenté et l'on réalise, en dynamique, une orientation en azimuth et en site du miroir correspondant, par rotation de la monture sur le noyau (orientation en azimuth) et micro-déplacement de la monture par rapport à l'extrémité du noyau (orientation en site), grâce à un jeu 86 qui existe entre cette extrémité et la monture. Lorsque l'orientation est réalisée, la monture est collée au corps de bobine.

Sur les figures 9A et 9B, on a représenté, en vue éclatée, respectivement l'arrière et l'avant du

dispositif représenté partiellement sur la figure 7. Parmi les différents éléments qui constituent ce dispositif on trouve successivement : le corps de bobine 36 sur lequel est enroulée la bobine 16 et dont la  
5 partie supérieure comporte la cuvette 84 de laquelle dépasse l'extrémité du noyau ; la monture 60 ; et l'ensemble comportant le support 10, les aimants 6 et 8 et le miroir 26.

10 Les figures 10A et 10B représentent ce dispositif assemblé respectivement dans l'état I et l'état II. On note sur ces figures le jeu existant entre l'axe 20 et les bords des ouvertures 72 par exemple rectangulaires, pratiquées dans les flasques 62 et 64.

15 La figure 11 représente schématiquement un commutateur optique matriciel  $4 \times 4$  en cours de montage et du genre de celui de la figure 8, en vue de dessus. Les corps de bobine 36 munis des bobines et des noyaux correspondants sont introduits dans leurs  
20 trous 76 respectifs puis fixés au bâti 32 (voir figure 12), après quoi les montures sont successivement mises en place et convenablement orientées avant d'être fixées aux corps de bobine. On voit également la diagonale D de la matrice, à laquelle tous les miroirs en  
25 position relevée sont parallèles, ainsi que les fibres optiques 88 du commutateur, qui sont respectivement associées à des collimateurs 90 et parallèles aux lignes de la matrice et les fibres optiques 92 du commutateur, qui sont respectivement associées à d'autres  
30 collimateurs 94 et parallèles aux colonnes de la matrice, l'orientation des miroirs étant telle qu'elle permet d'établir des commutations optiques entre les fibres associées aux lignes et les fibres associées aux colonnes.

35 Sur la figure 13, on a représenté schématiquement le commutateur de la figure 11 complètement



assemblé. Certains miroirs sont en position relevée, d'autres en position abaissée.

Sur la figure 14, on a représenté schématiquement une variante de réalisation du commutateur optique matriciel représenté sur la figure 8. Dans  
5 cette variante, les calottes sphériques et les cuvettes correspondantes sont supprimées. L'extrémité 18 de chaque noyau est coupée du reste 96 de ce noyau et dépasse toujours du corps de bobine. Un jeu 98 est  
10 prévu entre ce dernier et l'extrémité 18. Chaque monture 60 est d'abord fixée à l'extrémité 18 correspondante puis cette dernière est mise en contact avec le reste du noyau, et le réglage du miroir en azimut et en site est ensuite effectué en dynamique, en tournant  
15 l'extrémité 18 autour de l'axe 14 et en déplaçant l'extrémité 18 par rapport au corps de bobine 36, grâce au jeu 98, la monture 60 étant maintenue par des moyens de micro-déplacement non représentés.

Comme on le voit sur les figures 15A et 15B,  
20 la monture 60 peut être monobloc, les flasques 62 et 64 acceptant alors par simple élasticité le montage du support 10.

REVENDICATIONS

1. Dispositif bistable électromagnétique pour la commutation optique, comprenant :

- 5 - un électro-aimant (2) qui comporte un noyau magnétique (12) et une bobine (16) enroulée autour de ce noyau,
- 10 - deux aimants (6, 8) permanents formant un ensemble rigide mobile en rotation axiale par rapport à l'électro-aimant et disposé à proximité d'une extrémité (18) du noyau, les deux aimants étant orientés de façon à présenter, en regard de cette extrémité, respectivement des faces magnétiques actives de noms contraires et destinées à interagir magnétiquement
- 15 avec l'extrémité du noyau, et
- un moyen (26) d'interaction avec la lumière, fixé à l'ensemble,
- caractérisé en ce que le noyau s'étend le long d'un axe (14), ladite extrémité présentant une face d'appui
- 20 (22) qui rencontre cet axe, en ce que les deux aimants sont disposés de part et d'autre de l'axe de rotation (20) de l'ensemble, en ce que cet axe de rotation est perpendiculaire à l'axe du noyau et décalé par rapport à ce dernier de manière qu'il ne le rencontre pas et
- 25 que les faces actives des aimants puissent interagir respectivement avec la face d'appui (22) et avec une portion latérale (24) du noyau, et en ce que le moyen d'interaction avec la lumière est plan et fixé à l'ensemble de façon à être sensiblement parallèle à l'axe
- 30 (14) du noyau lors de l'interaction magnétique correspondant à la portion latérale (24) du noyau et sensiblement perpendiculaire à l'axe du noyau lors de l'interaction magnétique correspondant à la face d'appui de l'extrémité du noyau.

- 35 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'axe de rotation (20) est rendu

solidaire du noyau (12) et en ce que l'ensemble est mobile autour de son axe de rotation.

5 3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la partie terminale de l'extrémité (18) du noyau est décalée latéralement par rapport à l'axe (14) de ce noyau et en ce que ladite portion latérale (24) appartient à cette partie terminale, de manière à pouvoir effectuer un réglage en site du moyen (26) d'interaction avec la lumière, par rotation  
10 du noyau autour de l'axe dudit noyau.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que l'axe de rotation (20) de l'ensemble est rigidement solidaire de la bobine (16) et en ce que cette dernière est  
15 disposée dans un bâti (32) et mobile en rotation dans ce bâti, de manière à pouvoir effectuer un réglage en azimut du moyen (26) d'interaction avec la lumière.

5. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'axe de rotation (20) est rigidement solidaire de l'ensemble.  
20

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend une monture (60) solidaire du noyau (12) de l'électro-aimant et munie de deux ouvertures (72) dans lesquelles sont respectivement  
25 montées flottantes les extrémités de l'axe de rotation (20).

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la monture (60) coiffe l'extrémité (18) du noyau permettant ainsi un réglage en azimut et  
30 en site du moyen (26) d'interaction avec la lumière, par des mouvements de la monture par rapport au noyau préalablement à une fixation de ceux-ci l'un par rapport à l'autre.

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que le moyen  
35

(26) d'interaction avec la lumière est fixé sur l'ensemble, au-dessus de l'aimant (8) dont la face active est destinée à interagir magnétiquement avec la face d'appui (22) de l'extrémité du noyau et en ce que les  
5 aimants sont décalés l'un par rapport à l'autre de telle façon que, lors de cette interaction magnétique, l'aimant (8) au-dessus duquel est fixé le moyen d'interaction (26) soit plus éloigné de la bobine (16) que l'autre aimant (6).

10 9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que la bobine (16) de l'électro-aimant est placée dans un corps de bobine (32), en ce que l'extrémité (18) du noyau émerge de ce corps de bobine et en ce que la monture (60)  
15 coiffe cette extrémité et comporte une partie sphérique convexe (82) destinée à reposer dans un logement (84) complémentaire de celle-ci et prévu dans le corps de bobine (36).

20 10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que la bobine (16) de l'électro-aimant est placée dans un corps de bobine (32), en ce que l'extrémité (18) du noyau est coupée du restant (96) du noyau et en contact avec ce dernier, en ce que ce restant du noyau se trouve à  
25 l'intérieur du corps de bobine (36) tandis que l'extrémité (18) du noyau en émerge, et en ce que la monture (60) coiffe cette extrémité.

30 11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le moyen d'interaction (26) est un miroir plan.

12. Commutateur optique matriciel comprenant une pluralité de dispositifs bistables pourvus de moyens (26) de réflexion de lumière et rangés de façon à constituer une matrice, caractérisé en ce que chaque  
35 dispositif est conforme à la revendication 11.

13. Commutateur selon la revendication 12, caractérisé en ce que les lignes de la matrice sont perpendiculaires aux colonnes de celle-ci et en ce que les dispositifs sont orientés de façon que leurs miroirs (26), lorsque chacun d'eux se trouve dans l'état relatif à l'interaction magnétique avec la portion latérale (24) correspondante, soient parallèles à une même diagonale (D) de la matrice.
- 5

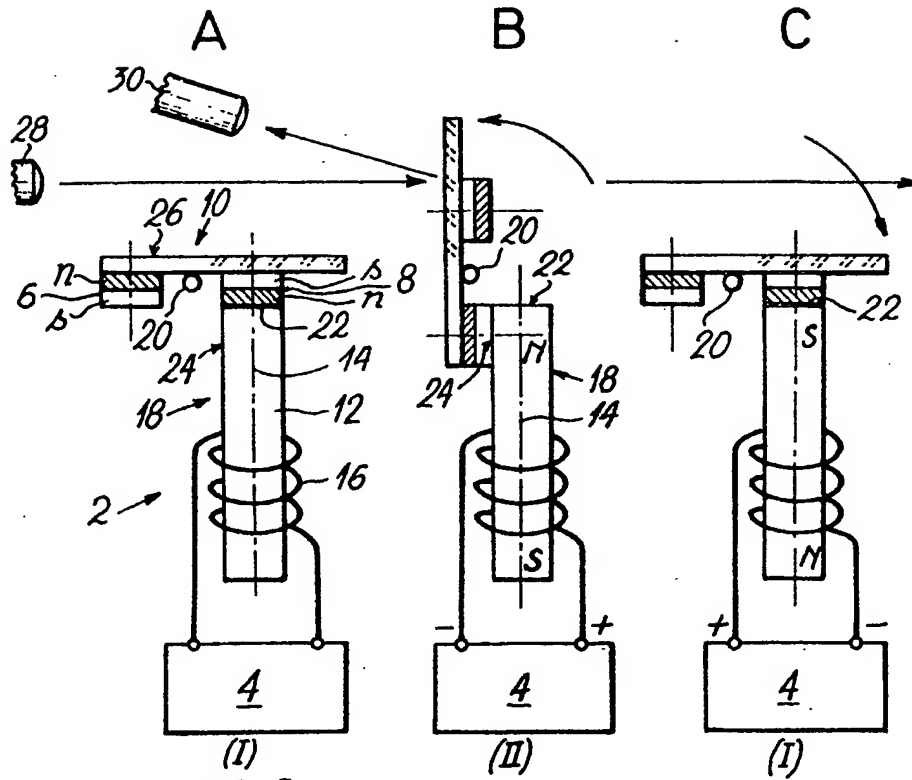
1/8  
FIG.1

FIG.2

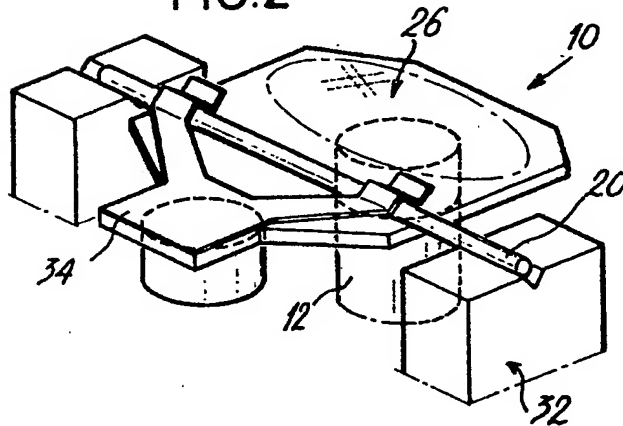
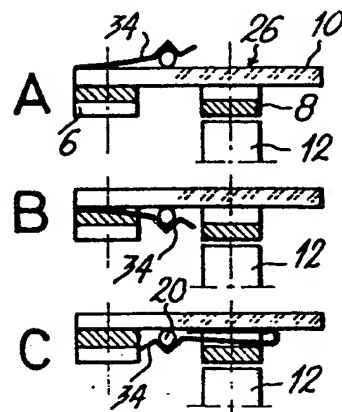


FIG.3



BEST AVAILABLE COPY

2/8

FIG. 4

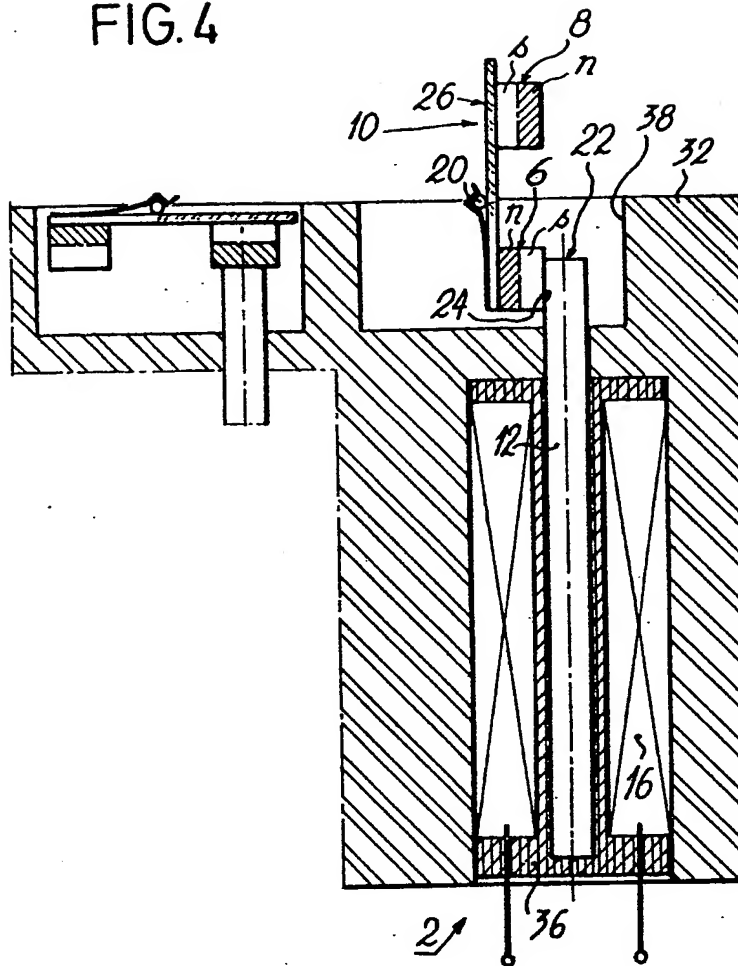
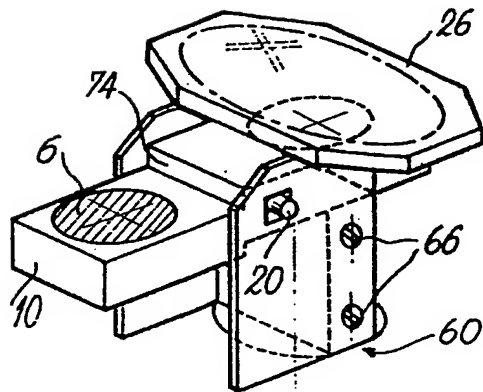


FIG.7



**BEST AVAILABLE COPY**

3/8

FIG.6

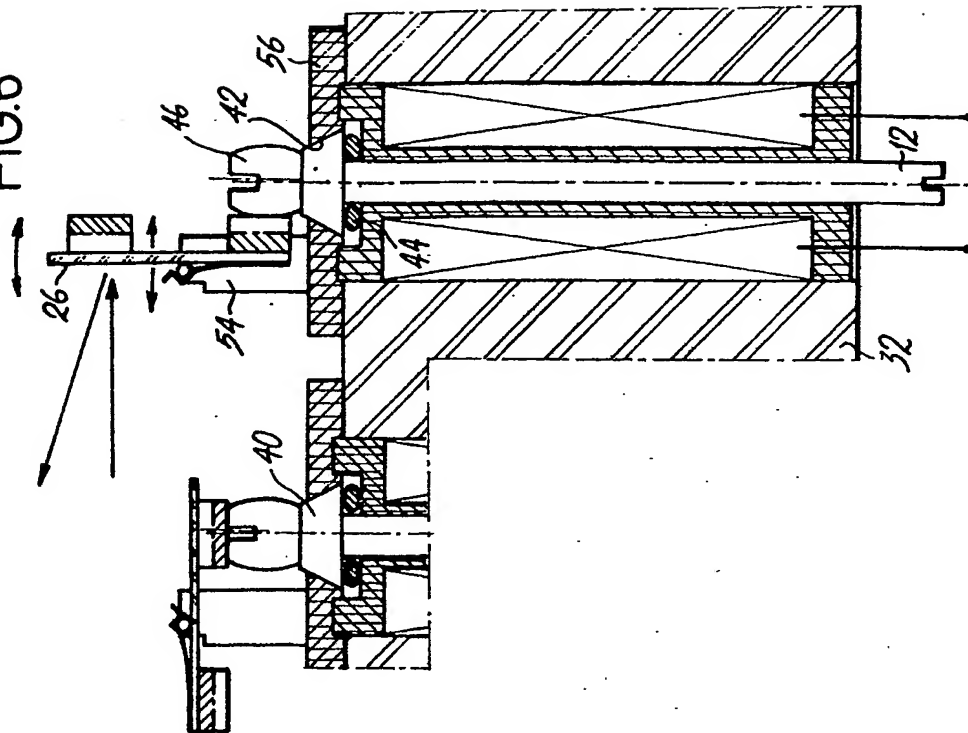
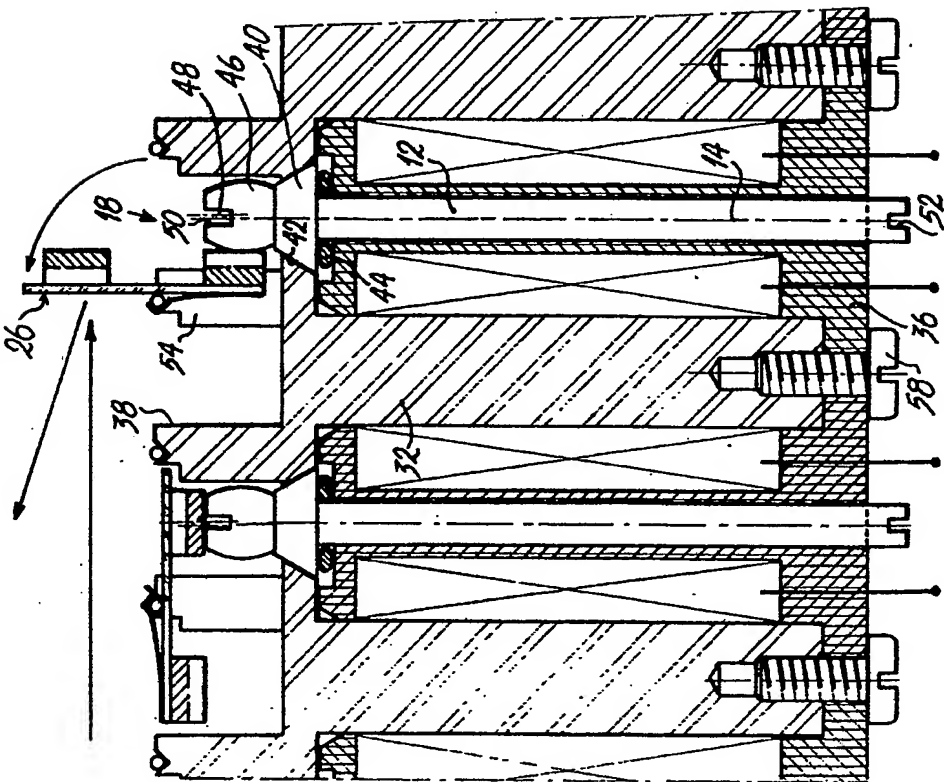


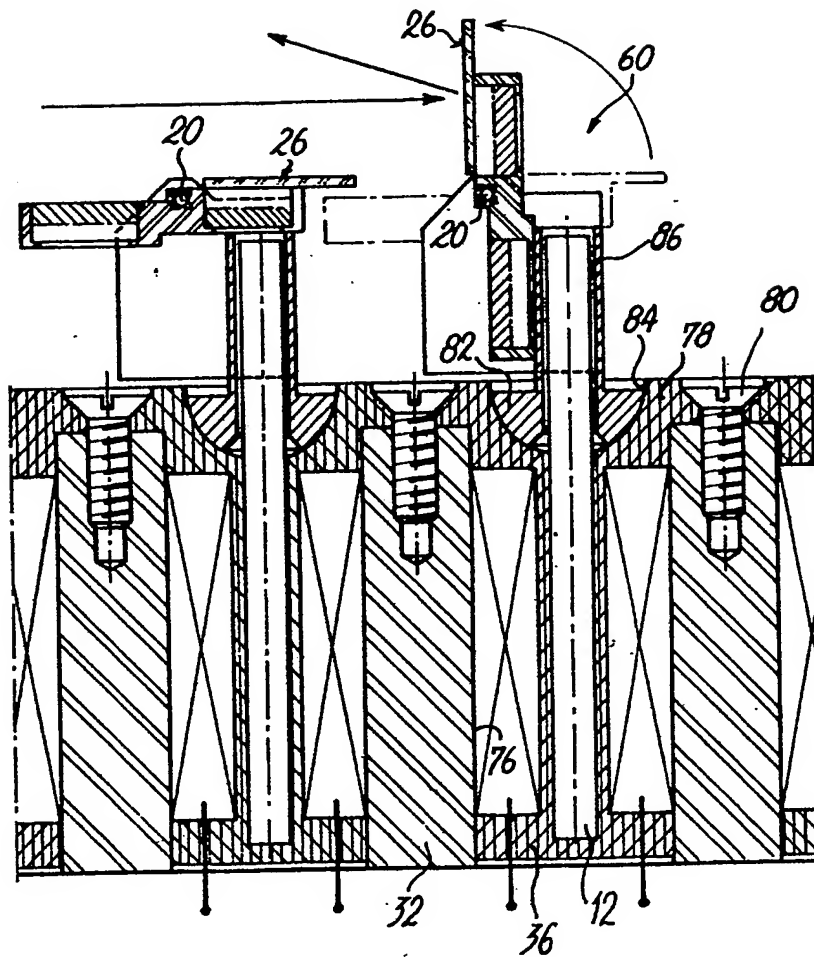
FIG.5





4/8

FIG. 8



BEST AVAILABLE COPY

5/8

FIG.10

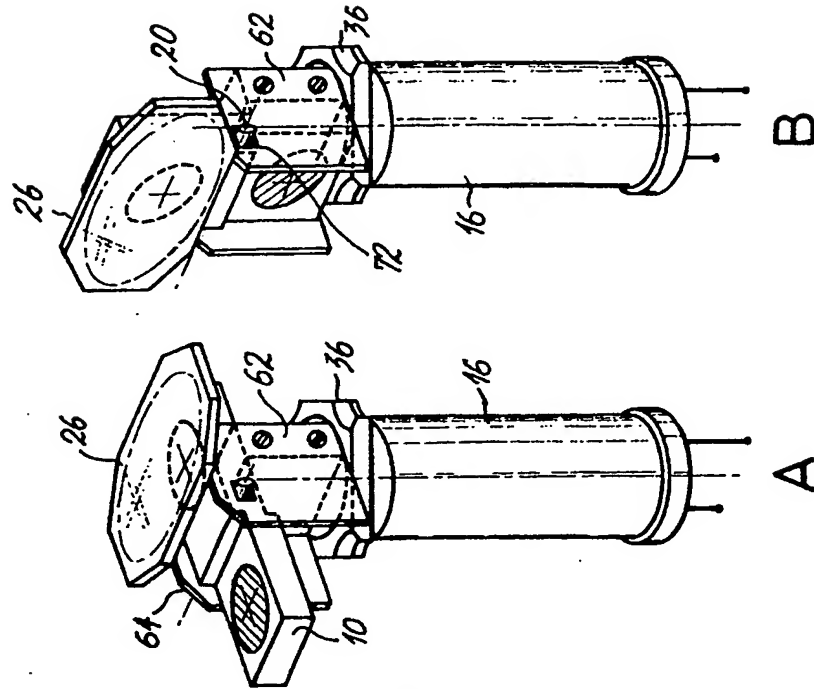
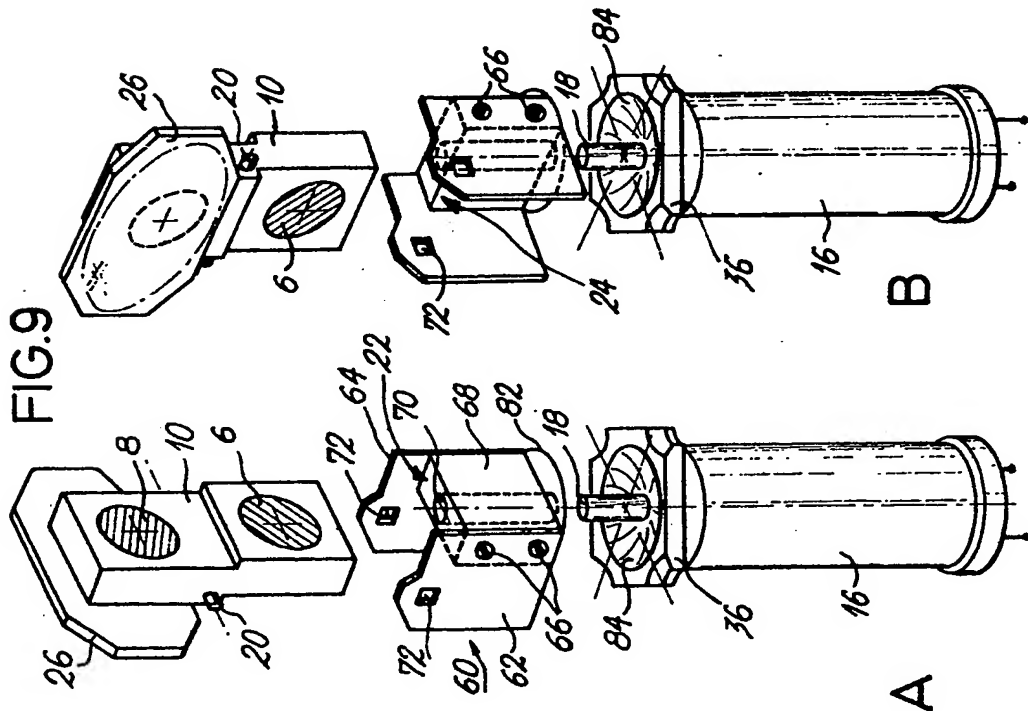


FIG.9



BEST AVAILABLE COPY

FIG.11

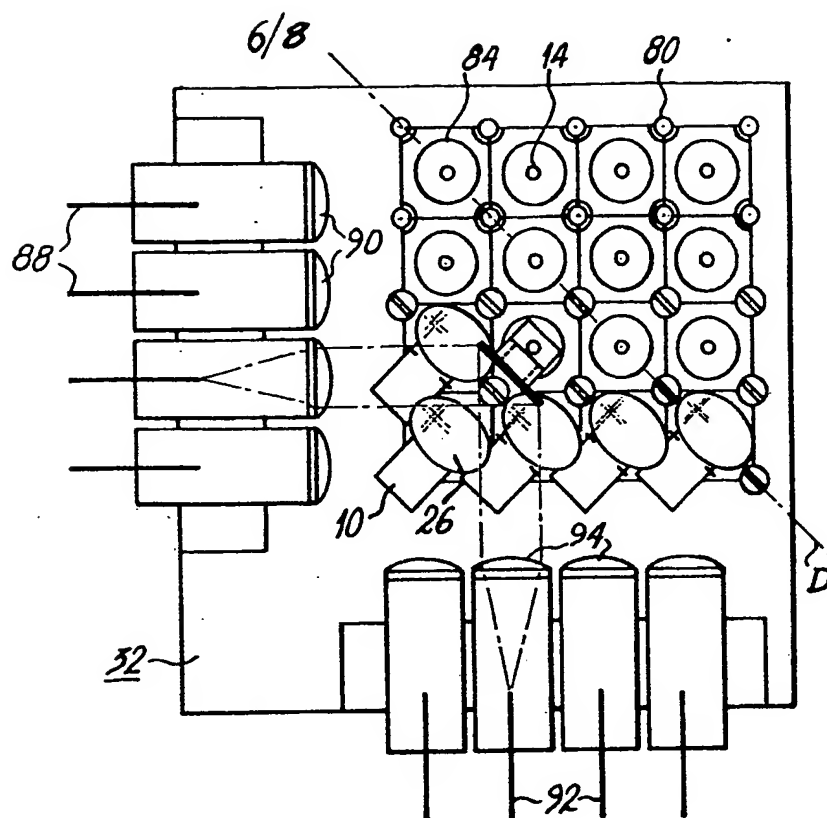
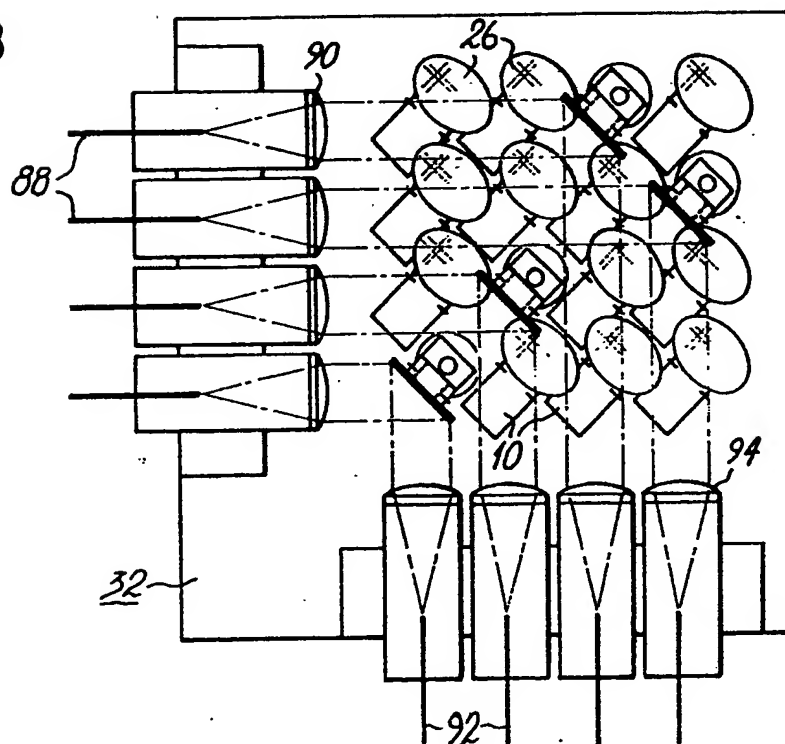


FIG.13



7/8

FIG. 12

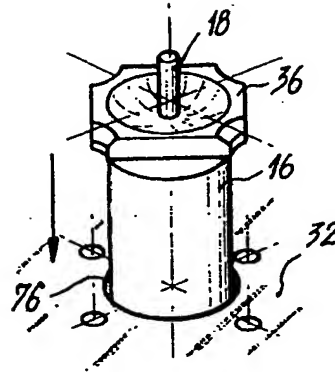
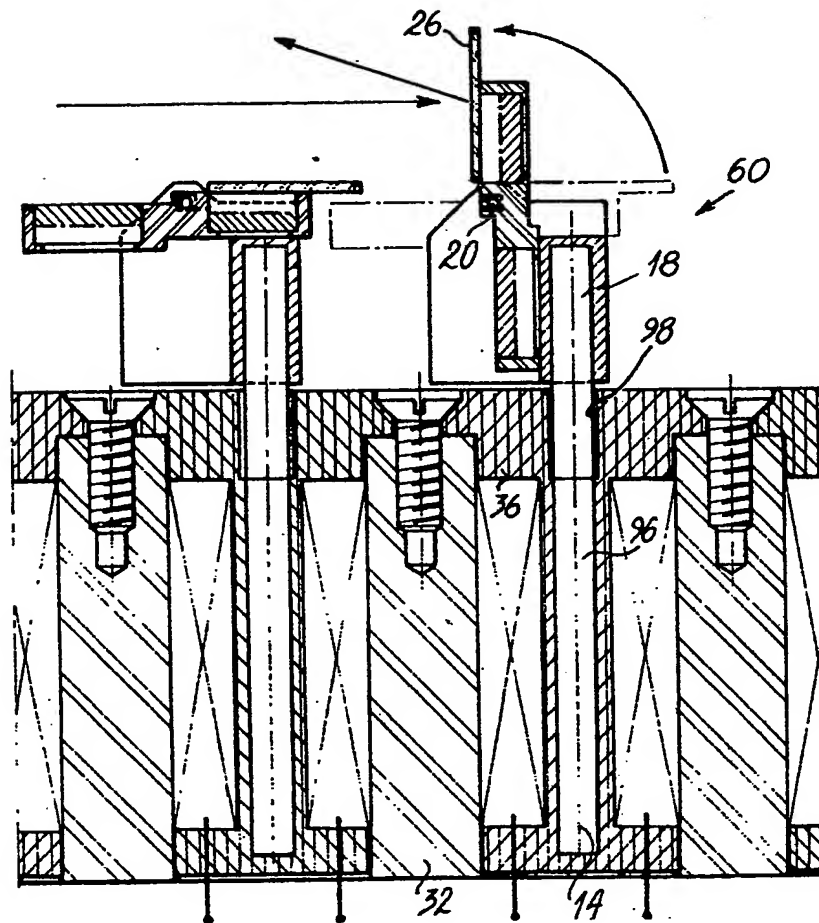


FIG. 14



BEST AVAILABLE COPY

8/8

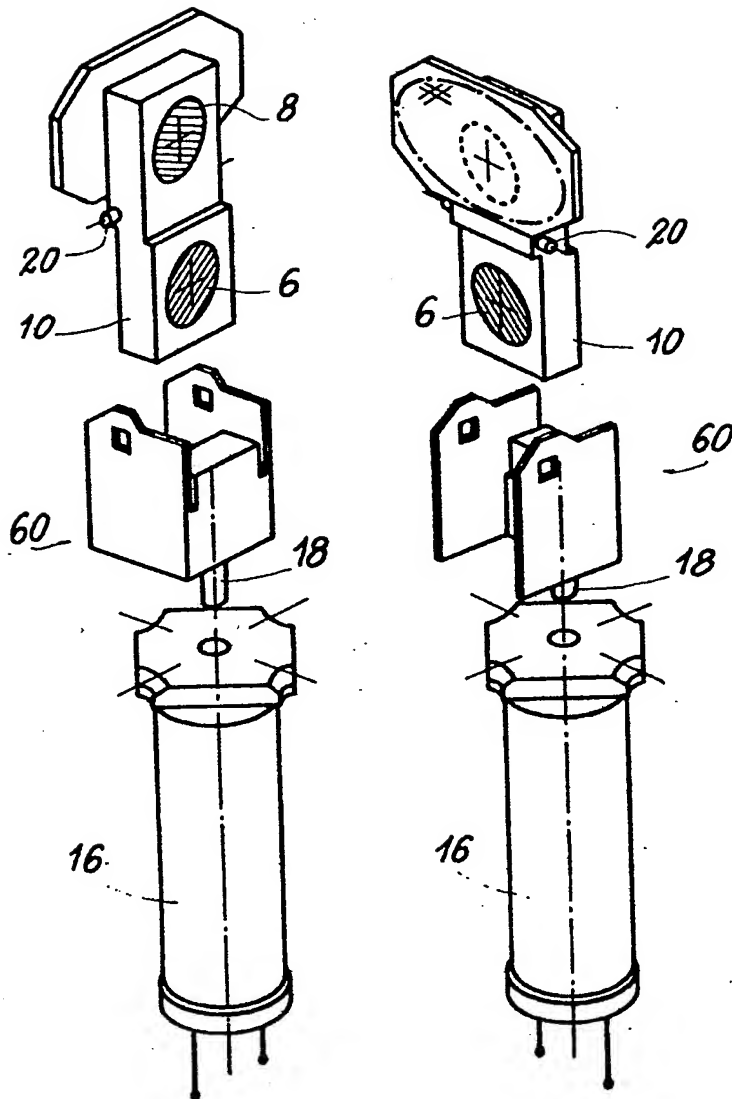


FIG.15A

FIG.15B